

# 道路網の特徴分析と L-system による生成

村田 章悟<sup>†</sup> 北 直樹<sup>‡</sup> 斎藤 隆文<sup>‡</sup>

東京農工大学 工学部知能情報システム工学科<sup>†</sup>

東京農工大学 工学部知能情報システム工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

映画などの映像作品やテレビゲームに 3DCG 技術が幅広く活用される現代において、仮想都市の利用も活発になっている。しかし、大規模な仮想都市の生成をすべて人手で行なうのは困難である。そこで、コンテンツ作成の時間を短縮するために様々な自動生成手法が提案されており、L-system を用いた道路網生成もその一つである。

L-system を用いた従来手法[1]では、グレースケールマップの濃淡に合わせて、道路の特徴を範囲で指定し、組み合わせることが可能であった。しかし、あらかじめマップを入力として指定するため、範囲の細やかな指定や直感的な調整は困難でもあった。また、既存の道路網に類似した道路網を生成したい場合には、パラメータの調整にも労力を要する。

そこで、本研究では既存の道路網からユーザーの指定で特徴を絞り込み、ペイント系インタフェースを用いた範囲指定に従って既存道路網の特徴を含んだ道路網の生成を目指す。

## 2. L-system について

L-system とは、単純な文字列に書き換え規則を繰り返し適用し、自己相似性を持つ構造を表現する形式文法である。

図 1 に初期文字列  $f$  に対して、書き換え規則を  $f \rightarrow F[+f][-f]$  とした場合の生成例を示す。生成された文字列はタートルグラフィックスの考え方をもとに、次のように図形への変換を行なう。

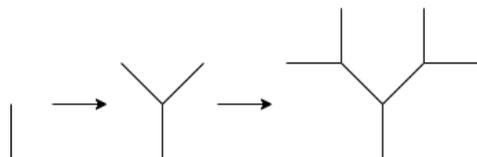


図 1 L-system の生成例

Feature analysis of road network and generation by L-system  
Shogo MURATA<sup>†</sup>, Naoki KITA<sup>‡</sup>, Takafumi SAITO<sup>‡</sup>  
<sup>†‡</sup>Department of Electrical Engineering and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

$f, F$ :直進  
 $+, -$ :左右への回転  
 $[]$ :分岐

L-system には、条件や確率によって書き換え規則を決定する確率 L-system など存在する。

確率 L-system を用いた道路網生成手法としては、加藤ら[2]の提案した道路網の交差点形状を確率的に選択する手法が存在する。この手法では、道路が直進・T 字交差・十字交差する確率並びに分岐角度のゆらぎを設定することで道路網の特徴を表現する。

この手法を用いることで、規則的な道路網から有機的な道路網まで幅広く生成可能であると考えられるため、本研究では加藤らの提案手法を用いる。

## 3. 提案手法

既存道路網の特徴分析と L-system を用いた生成の 2 つのステップから道路網の生成を行なう。

### 3.1. 既存道路の特徴分析

既存道路網のデータは、OpenStreetMap という地図データベースから、Python の OSMnx パッケージ[3]を用いて取得した。

加藤らの L-system を用いる際に、道路の特徴として以下のパラメーターが重要になってくる。

- 分岐確率
- エッジの長さ
- 分岐角度
- 揺らぎ角度
- エッジの乱数

本研究では、これらのパラメーターを道路網の特徴として次のように計算する。

分岐確率(直進/十字/T 字)はノードの接続数の確率、分岐角度は十字分岐ならば各ノードの小さい角 2 つの平均、T 字分岐ならば各ノードの最大角の半分を平均した値を取得する。

揺らぎ角度は十字分岐の直進に最も近い道と直進の道について 180 度からの乖離を計算し平均を取得する。エッジについては、分布を自然対数で対数化した後、エッジの長さは各エッジの(平均+標準偏差)、乱数は各エッジの標準偏差で計算する。

これらの特徴を図 2(b)のように指定した各色

の範囲で取得することで複数の特徴をユーザー指定で絞り込むことを可能にした。



(a) 取得した道路網 (b) 特徴取得の範囲指定  
図2 OSMから取得した道路網の例

### 3.2. L-system を用いた道路網生成

生成開始前に、特徴分析時と同様に範囲指定を行ない、L-system が成長する度に座標に対応する画素を確認し、その画素に対応した書き換え規則を適用させることで特徴の切り替えを行なう。生成の終了は、描画範囲を16等分した範囲すべてにL-systemの枝が侵入する、または成長できる文字列がなくなることを条件とした。

### 4. 生成結果および比較

図2(b)の範囲指定に従って特徴を分析し、生成した道路が図3である。初期生成点は描画範囲の中央とし、文字列は十字分岐とした。



図3 生成した道路網と範囲指定

評価として、統計的比較と視覚的比較を行なった。

統計的比較としては、分岐角度とエッジの長さを生成した道路からも取得し、既存道路網から取得した比較した。

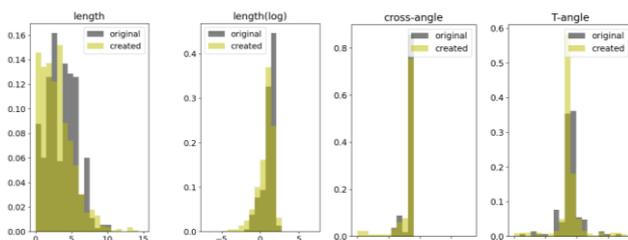


図4 赤の範囲の特徴分布

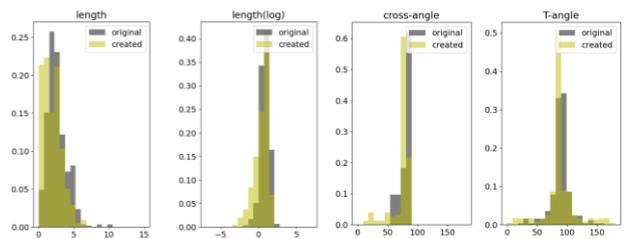


図5 緑の範囲の特徴分布

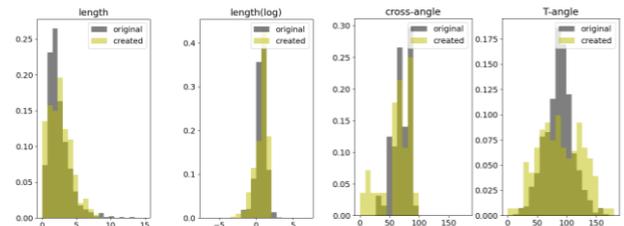


図6 白の範囲の特徴分布

エッジの長さに関しては全体的に分布に類似性が見られたが、生成道路の方が小さい値が多い傾向が見られた。分岐角度の分布では、赤や緑の規則的な道路では類似性が見られたが、白の範囲では生成道路の分布にバラつきが見られた。

視覚的な評価としては、赤や緑の範囲のような規則的な道路では、区画の大きさなどの点で類似性が見られたが、道路の方向の差異や微小範囲の多発などで違いが見られた。

### 5. おわりに

本論文では、特徴分析を用いたL-systemによる既存道路網に似た道路網の生成を目指した。今後の課題として、道路の方向の差異などの問題を解決し、規則的な道路以外でも類似度を高めることが挙げられる。

### 参考文献

- [1] Y. I. H. Parish, P. Müller, Procedural Modeling of Cities, Proc. ACM SIGGRAPH 2001, pp. 301-308.
- [2] 加藤 伸子, 奥野 智江, 狩野 均, 西原 清一, L-systemを用いた仮想都市のための道路網生成手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 4, pp. 1104-1112, 2000.
- [3] G. Boeing, OSMnx: New Methods for Acquiring, Constructing, Analyzing, and Visualizing Complex Street Networks, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 65, pp. 126-139, 2017.